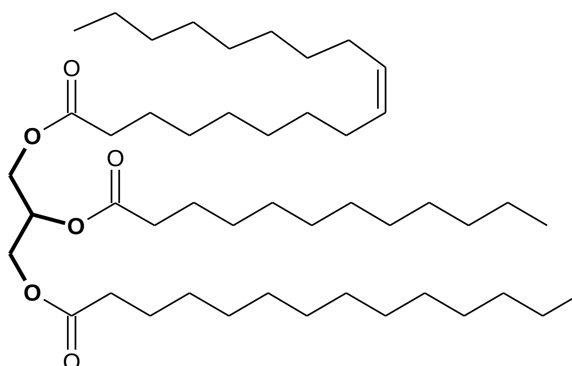
Fette

Dieses Modul umfasst 50% der schriftlichen Abiturprüfung.

Aufgaben

Fette und Öle bestehen aus Estern des dreifachen Alkohols Glycerin (Propan-1,2,3-triol) mit drei, meist verschiedenen, unverzweigten aliphatischen Monocarbonsäuren, den Fettsäuren. Man nennt diese Verbindungen deswegen auch Triglyceride. Daneben liegen in einem Fett aber auch Mono- und Diglyceride sowie freie Fettsäuren vor.
Bei der Fettalterung werden die Glyceride stufenweise zu neuen Verbindungen abgebaut.



Triglycerid aus den Fettsäuren Ölsäure, Laurinsäure und Myristinsäure (von oben nach unten). Der Alkoholteil ist fett dargestellt.

1 Fettanalytik

1.1 Gaschromatographische Analyse
Die gaschromatographische Analyse von Fetten ist eine gängige Methode zur Bestimmung von Art und Gehalt der verschiedenen, enthaltenen Fettsäuren. Hierzu wird das Triglycerid mit einem Überschuss an Methanol umgesetzt, wobei in einer Umesterung die Methanol-Ester der verschiedenen Fettsäuren entstehen. Dabei werden auch die freien Fettsäuren mit Methanol verestert. Diese werden dann gaschromatographisch untersucht.

1.1.1 Erklären Sie anhand der Daten in Material 1 die Notwendigkeit der Umesterung für die gaschromatographische Analyse am Beispiel von Kokosfett und der darin zu einem Großteil gebundenen Laurinsäure.

(4 BE)

1.1.2 Das Chromatogramm in Material 2 weist bei den gegebenen Trennbedingungen eine unzureichende Auflösung für die Peaks 3 und 4 auf.
Untersuchen Sie zwei Möglichkeiten durch veränderte Trennbedingungen die Auflösung zu verbessern.

(4 BE)

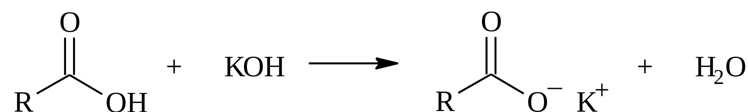
1.1.3 Vergleichen Sie die 100%-Methode mit der Methode des externen Standards hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile.

(4 BE)

1.1.4 Beschreiben Sie die Funktionsweise des Flammenionisationsdetektors (FID) mithilfe der Abbildung in Material 3.

(3 BE)

1.2 Säurezahl (SZ)
Die SZ gibt Auskunft über den Gehalt an freien Fettsäuren im Fett. Sie bezeichnet die Masse an Kaliumhydroxid (KOH in mg), die notwendig ist, um die in 1 g Fett enthaltenen freien Fettsäuren zu neutralisieren. Nach den Leitsätzen für native Speiseöle und -fette darf die SZ nicht über 4,0 liegen. Je höher die Säurezahl ist, umso minderwertiger ist das Fett oder Öl.



Es werden 3,005 g des Fettes in einen Weithals-ERLENMEYER-Kolben eingewogen und in ca. 100 mL Ethanol gelöst. Anschließend wird mit einer KOH-Maßlösung ($\tilde{c}$ = 0,050 mol/L, t = 1,015) mit Phenolphthalein als Indikator bis zum Farbumschlag titriert. Man ermittelt einen Verbrauch an Maßlösung von 26,4 mL.
Berechnen Sie die Säurezahl und prüfen Sie die Qualität des Fettes.

(4 BE)

1.3 Anisidinzahl (AnZ)
Bei der Alterung von Fetten entstehen *α*,*β*-ungesättigte Aldehyde. Die AnZ ist ein Maß für diese Fettalterung über den Gehalt an *α*,*β*-ungesättigten Aldehyden.
5,3324 g eines Fettes werden in ca. 50 mL 2,2,4-Trimethylpentan gelöst, mit 20 mL der Reagenzlösung (*p*-Anisidin in Eisessig) versetzt und mit 2,2,4-Trimethylpentan im 100 mL-Messkolben aufgefüllt. Nach 10 min Stehen bei Zimmertemperatur wird die Extinktion der Mischung bei 350 nm im UV/VIS-Spektrometer gemessen. Der erhaltene Extinktionswert wird um den Blindwert korrigiert und mit 100 multipliziert, da die Anisidinzahl als der 100-fache Betrag der bei 350 nm gemessenen Extinktion einer Lösung von 1 g Fett in 100 mL eines Gemisches aus Lösungsmittel und Anisidinreagenz definiert wird. Man erhält die folgenden Daten: $E_{\text{Probe}} = 0{,}645$; $E_{\text{Blind}} = 0{,}005$

1.3.1 Berechnen Sie die Anisidinzahl des Fettes.

(3 BE)

1.3.2 Bei der Messung wird die Extinktion der Blindlösung bestimmt.
Beschreiben Sie die Herstellung der Blindlösung und erläutern Sie die Notwendigkeit einer Blindwertmessung.

(4 BE)

1.3.3 Analysieren Sie das *α*,*β*-ungesättigte Aldehyd und das Azomethin (Material 4) hinsichtlich ihres Absorptionsmaximums unter Verwendung der Fachbegriffe.

(3 BE)

1.3.4 Entwickeln Sie anhand von Material 4 den Mechanismus der Azomethinbildung.

Hinweis: Die Reaktion läuft unter Säurekatalyse ab.

(4 BE)

2 Fettsäureabbau im menschlichen Körper

Nach der Aufnahme von Fetten durch die Nahrung werden diese durch biochemische Prozesse abgebaut, um sie für den Körper verwertbar zu machen. In Material 5 sind Edukte und Produkte eines dieser Abbauprozesse abgebildet.

Formulieren Sie die vollständig ausgeglichene Reaktionsgleichung nach der Oxidationszahlmethode unter Verwendung von Strukturformeln.

Hinweis: Die Atome, die oxidiert bzw. reduziert werden, sind mit einem * gekennzeichnet.

(4 BE)

3 Biodiesel

Setzt man Fett mit einem Überschuss an Methanol in einer Umesterungsreaktion um, dann erhält man ein Gemisch an Fettsäuremethylestern (FAME, fatty acid methyl ester), den sogenannten Biodiesel. Viele Länder mischen Biodiesel dem herkömmlichen Dieselkraftstoff bei.

Stellvertretend für den Biodiesel soll nachfolgend der Dodecansäuremethylester (DSME, M = 214,35 g/mol) behandelt werden. DSME hat einen Brennwert von 40 MJ/kg. Der Brennwert H_S ist definiert als Betrag der Standardverbrennungsenthalpie, er bezieht sich aber nicht auf 1 Mol, sondern auf 1 Kilogramm.

Ermitteln Sie die stöchiometrischen Koeffizienten der Reaktionsgleichung in Material 6.

Berechnen Sie die molare Standardbildungsenthalpie $\Delta_f H_m^0$ von DSME mithilfe von Material 6.

(5 BE)

4 Fettsäuren als Basischemikalie der chemischen Industrie

Ausgangssubstanz für eine Vielzahl chemischer Produkte ist Undec-10-ensäure (Material 7). Ein Reaktionsweg ist die Reaktion mit Blausäure (HCN).

Entwickeln Sie den Mechanismus der Reaktion von Undec-10-ensäure mit Blausäure und begründen Sie die Produktverteilung der Reaktion unter Zuhilfenahme von Strukturformeln.

Hinweis: Die Verwendung von Skelettstrukturformeln ist ausreichend.

(8 BE)

Material 1

Physikalische Daten verschiedener Substanzen

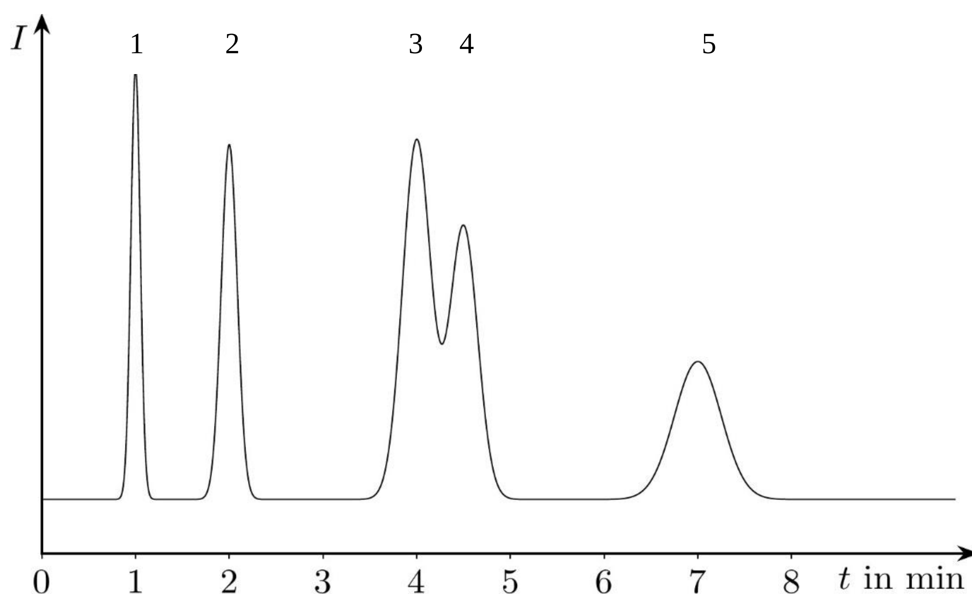
	Kokosfett	Laurinsäure	Laurinsäuremethylester
molare Masse in g/mol	–	200,32	214,35
Schmelzpunkt in °C	23 – 26	44	5
Siedepunkt in °C	Zersetzung	298	262 – 267

https://de.wikipedia.org/wiki/Kokos%C3%B6l
https://de.wikipedia.org/wiki/Laurins%C3%A4ure
https://de.wikipedia.org/wiki/Laurins%C3%A4uremethylester (abgerufen am 01.04.2021).

Material 2

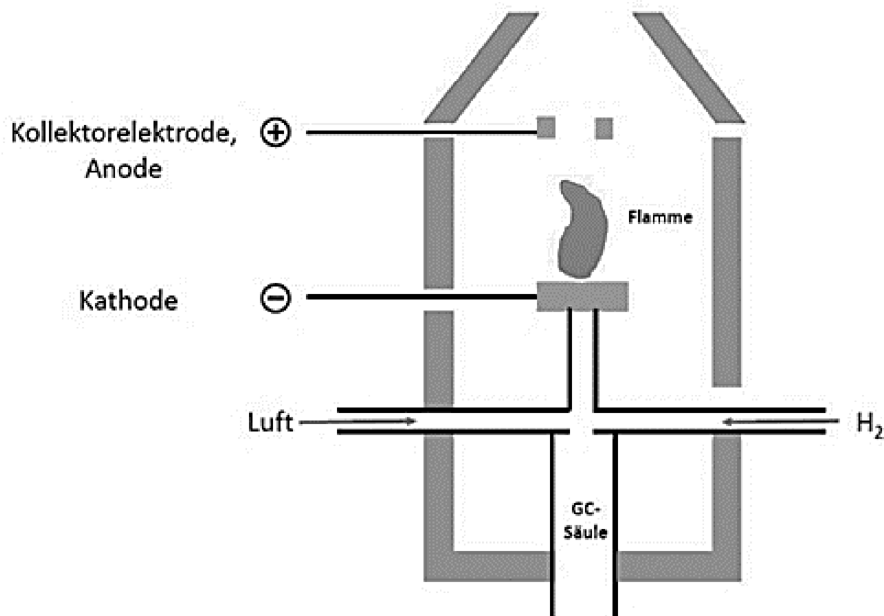
Gaschromatogramm einer Probe aus fünf unterschiedlichen Fettsäuremethylestern

Trägergasgeschwindigkeit = 4 mL/min
Säule: Kapillarsäule mittelpolar
Trennbedingungen: isotherm 230 °C



Material 3

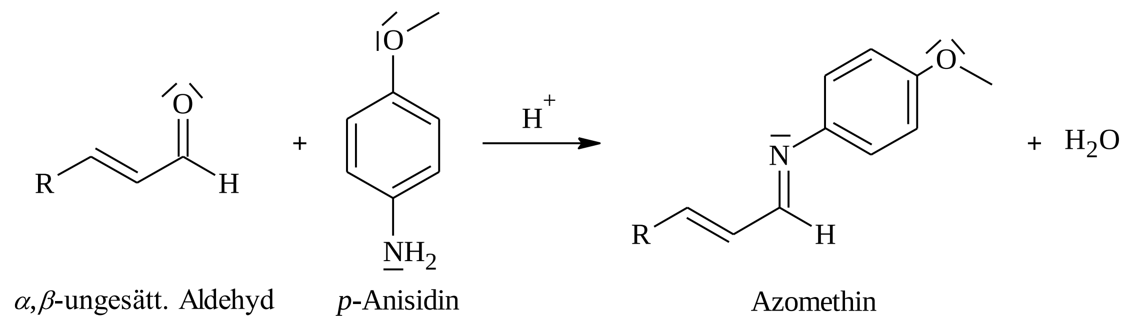
Abbildung eines Flammenionisationsdetektors



https://quizlet.com/517796055/v-ix-gc-gaschromatographie-flash-cards/ (abgerufen am 18.02.2021).

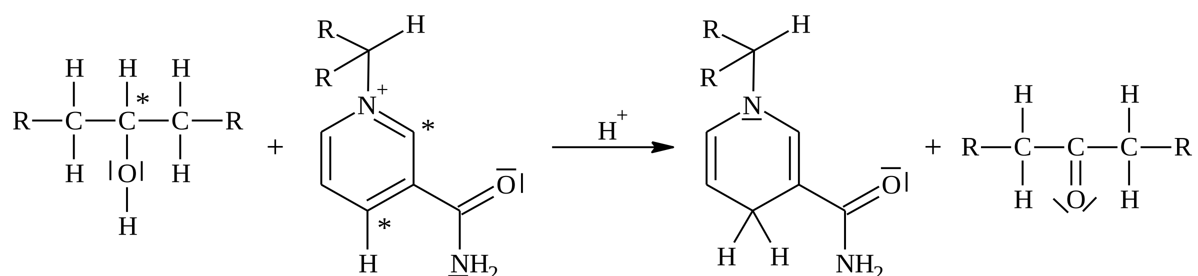
Material 4

Reaktion der Azomethinbildung



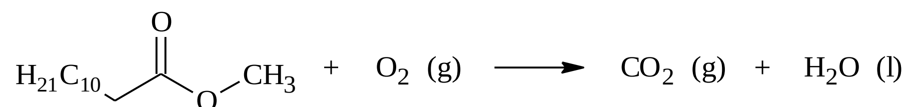
Material 5

Reaktionsschritt im Fettabbau



Material 6

Unbilanzierte Reaktionsgleichung und thermodynamische Daten zur Verbrennung von Dodecansäuremethylester



	$\Delta_f H_m^0$ in $\frac{kJ}{mol}$
CO (g)	–111
CO_2 (g)	–394
H_2O (g)	–242
H_2O (l)	–286

P.W. Atkins Physikalische Chemie, Zweite Auflage, S.1038-1039.

Material 7

Konstitutionsformel der Undec-10-ensäure

